

威海典型海滩沉积地貌及质量评价

吴 振^{1,2}

(1. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021;

2. 山东省地质矿产勘查开发局 海岸带地质环境保护重点实验室, 山东 潍坊 261021)

摘 要:选择威海双岛湾附近海滩、国际海水浴场海滩、金海滩、青叭岛以西海滩、青叭岛以东海滩、天鹅湖海滩、桑沟湾海滩、楮岛海滩、南海新区海滩和乳山银滩十处代表性岸滩进行了海滩地貌和底质调查,结合沙滩表层样品分析测试数据,对研究区海滩地貌、沉积物粒度分布特征及海滩质量进行了综合评价。结果表明:威海海滩沉积物主要包括砾砂、粗砂、中砂、细砂四种类型,其中中砂分布最广,约占所有点位的 35.6%,细砂、粗砂、砾砂分别占 34.4%, 26.7% 和 3.3%。岸滩坡度一般较缓,宽度中等以上,岸滩质量整体较好,部分岸滩受沉积物粒度影响,质量稍差。

关键词:海滩;沉积地貌;质量评价;威海

中图分类号:P736

文献标识码:A

文章编号:1002-3682(2019)01-0052-11

doi:10.3969/j.issn.1002-3682.2019.01.004

引用格式:WU Z. Sedimentary geomorphology and quality evaluation of typical beaches in Weihai[J]. Coastal Engineering, 2019, 38(1): 52-62. 吴振. 威海典型海滩沉积地貌及质量评价[J]. 海岸工程, 2019, 38(1): 52-62.

砂质海岸是海陆作用的敏感地带,同时也是世界范围内吸纳游客最多的旅游地^[1-2]。海滩是砂、砂砾和卵石等松散沉积物形成的堆积体,海滩位于海洋和陆地的交接处,对沉积动力环境的响应十分敏感,是一个动态变化的系统,会随着风况、入射波浪、物质来源等的变化产生剖面形态转变、沉积物粒度分布改变等现象,因而掌握海滩沉积地貌特征、正确认识海滩的沉积动力环境和过程并予以科学防护尤为重要^[3]。

威海地处山东半岛最东端,三面环海,海岸线长 985.9 km,砂质海岸资源丰富^[4]。据杨继超等统计,威海市共有滨海沙滩 59 个,沙滩累计长度 117.29 km,其中长度 ≤ 0.5 km 的 9 个,0.5~2.0 km 的 32 个,2.0~5.0 km 的 12 个, > 5.0 km 的 6 个^[5]。海岸类型可分为:岬湾型海岸、沙坝—潟湖海岸—沙咀型、沙坝—潟湖海岸—沙坝型、沙坝—潟湖海岸—连岛型,其中 6 个 > 5 km 的海滩均为沙坝—潟湖型海岸^[5-7]。我们对威海沙滩进行了调查,分析测试了沙滩表层样品,对研究区海滩地貌、沉积物粒度分布特征及海滩质量进行了综合评价,为威海砂质海岸的开发与保护提供科学支持。

1 研究方法

1.1 海滩调查

选择代表性岸滩 10 处,其中 9 处进行实测,共布设剖面 18 条,包括:乳山银滩 5 条、双岛湾附近海滩 2 条、国际海水浴场 1 条、金海滩海水浴场 1 条、青叭岛以西海滩 2 条、青叭岛以东海滩 1 条、天鹅湖海滩 2 条、桑沟湾海滩 2 条、楮岛海滩 2 条(图 1);1 处收集岸滩剖面资料,位于南海新区,共有 10 条剖面。剖面地形测量从后滨砂坝、滩肩或防波堤根部开始,沿垂直岸线方向向海延伸,至低潮线附近。

收稿日期:2018-09-04

资助项目:山东省 2013 年度地质勘查项目——山东省威海市海岸带综合地质调查(鲁勘字(2013)23 号)

作者简介:吴 振(1985-),男,高级工程师,硕士,主要从事水文地质、环境地质、海洋地质方面研究. E-mail: sdwfwz@126.com

(陈 靖 编辑)

1.2 样品采集及测试

分别在实测的 18 条海滩的潮上带、高潮线、潮间带、低潮线和潮下带五个位置进行海滩表面沉积物取样,共采集沉积物样品 90 件,并对样品进行粒度分析^[8]。沉积物粒度分析方法分别采用筛析法、激光法和综合法^[9-11]。当砂粒级以上组分($>0.063\text{ mm}$)质量分数大于 85 % 时,采用筛析法;当以粉砂和黏土组分为主时,采用激光分析法;当 2 种组分质量分数相当时,采用综合法,即 $>0.063\text{ mm}$ 的粒度组分用筛析法, $\leq 0.063\text{ mm}$ 的粒度组分用激光法^[7-9]。

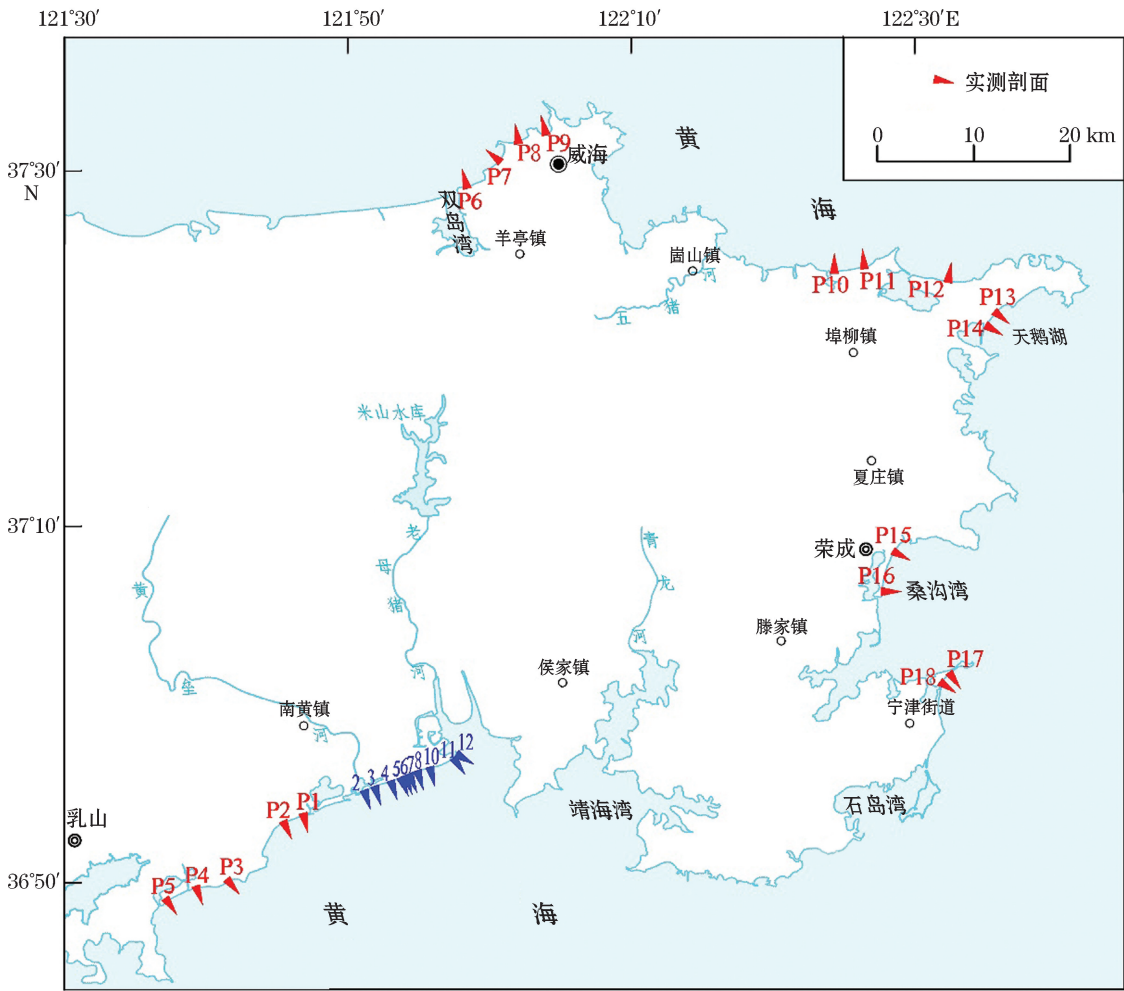


图 1 威海海滩调查剖面位置
Fig.1 Locations of the sections for beach survey in Weihai

2 海滩形态特征

威海北、东、南三面环海,海岸线长达 985.9 km,滨海沙滩大致为北部较宽、相对平缓,东部、南部宽度较窄、相对高差较大(图 2)。

双岛湾东部海滩(P6 剖面 and P7 剖面):剖面起点都为后滨人工建筑物,从起点到终点高差分别为 5.8, 6.9 m, 海滩宽度分别为 228, 241 m。海滩上明显可见废弃碉堡(图 3a)。当时碉堡应是修建在高潮线之上,涨潮时不会淹没,但现在废弃碉堡已处于潮间带,经常被淹没。因此,从大的时间尺度(以 10 a 为单位)分析,这里是侵蚀的。

国际海水浴场海滩(P8 剖面):剖面起点为防护林,海滩宽度约为 180 m,高差约 6.5 m。

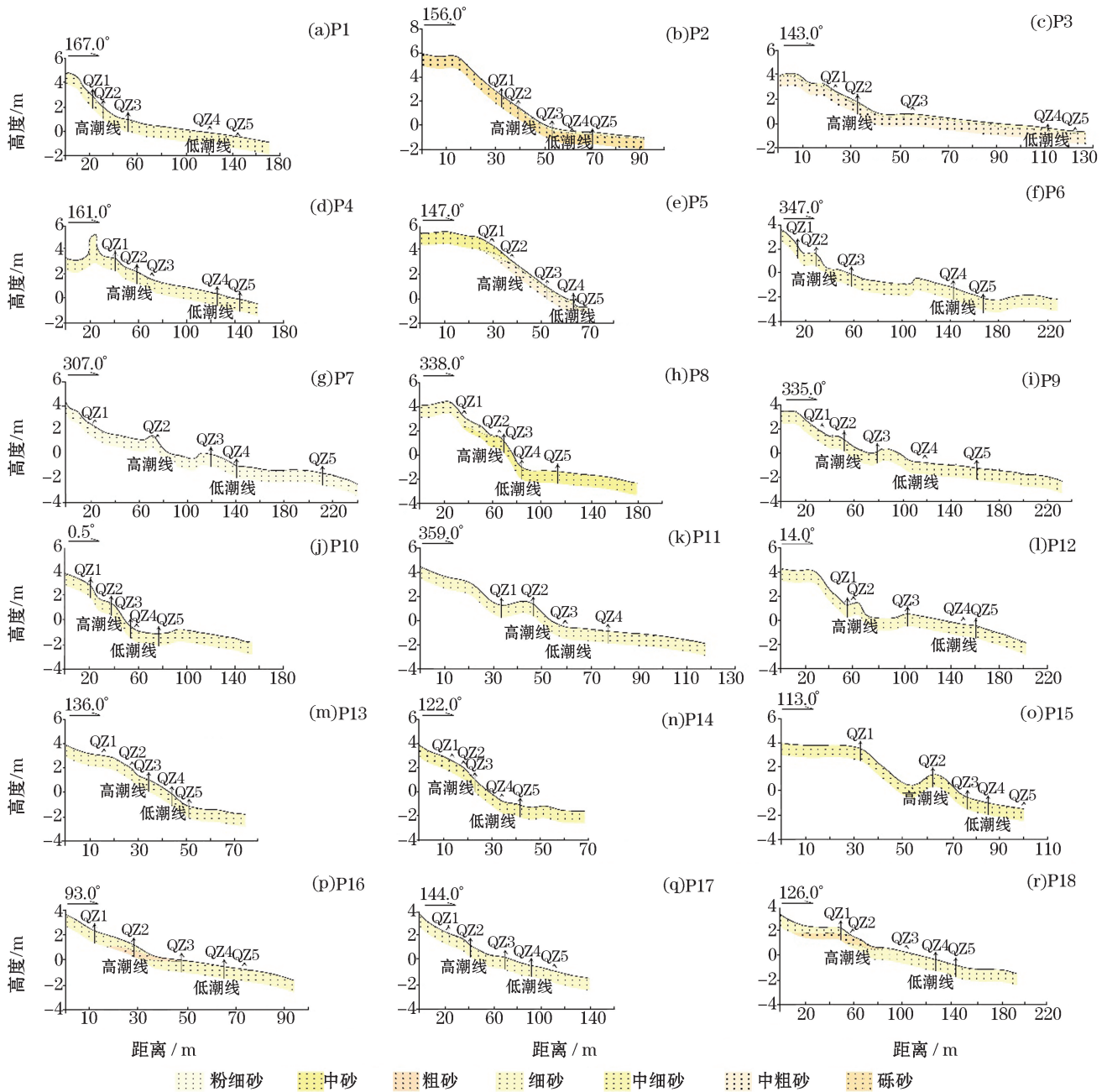


图2 威海岸滩剖面地形及沉积物特征

Fig.2 The topography and sediment characteristics along the beach sections in Weihai

金海滩海水浴场海滩(P9剖面):剖面起点为路基,海滩宽度约232 m,高差约5.7 m。

青肌岛以西海滩(P10剖面 and P11剖面): P10剖面高差为5.6 m,海滩宽约154 m。整个海滩剖面从地形上可分为2部分,低潮线以上海滩坡度略陡,约为 4.5° ,以下海滩地势平缓,约为 0.6° 。P11剖面高差为6.3 m,海滩宽约118 m。从剖面形态上看,低潮线以上部分海滩坡度略陡,约 4.7° ,滩肩处地势略有起伏,潮下带地势相对平缓,坡度约为 1.4° 。

青肌岛以东海滩(P12剖面):该处海滩较长,剖面以后滨人工建筑物为起点,向海宽度约202 m,测量高差约6.1 m,高潮线以下海滩较为平坦,坡度约为 1.3° 。该处潮间带发育有梯子形沙波(图3b),这种沙波由波浪形成的线形长脊和脊间沿岸流形成沙波构成,两者垂直。

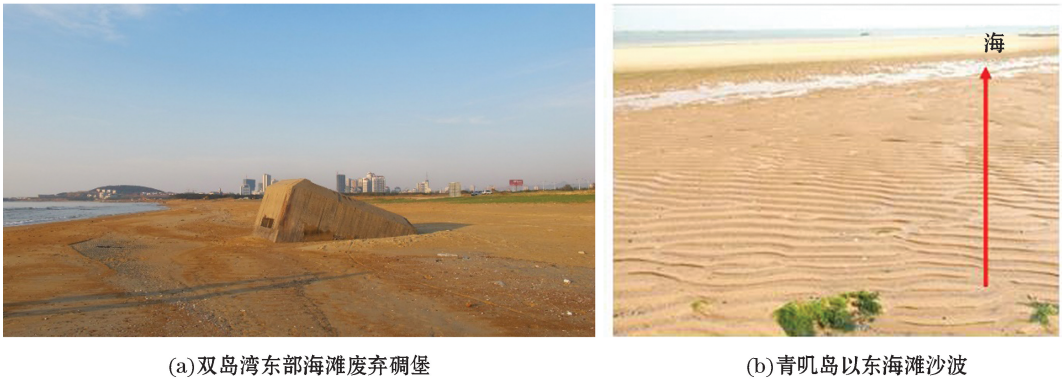


图 3 海岸带貌实景

Fig.3 Photographs of beach geomorphic forms

天鹅湖附近海滩(P13 剖面 和 P14 剖面):剖面起点为后滨防护林。其中 P13 剖面宽约 74 m,高差 5.8 m;P14 剖面宽约 68 m,高差 5.5 m。海滩地形特征表现为潮间带地形坡度较陡,约为 $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$,潮下带地形坡度减缓,约为 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 。

桑沟湾海滩(P15 剖面 和 P16 剖面):剖面起点为后滨人工堤坝。P15 剖面宽约 100 m,高差 5.5 m,高潮线处有明显滩肩,海滩坡度约为 4.3° 。P16 剖面宽约 94 m,高差 5.2 m,海滩坡度变化不大,基本坡度约 3.2° 。

褚岛(东褚岛村)连岛沙坝附近海滩(P17 剖面 和 P18 剖面):剖面位于砂坝东南侧,宽度较大,其中 P17 剖面宽约 140 m,高差 5.3 m;P18 剖面宽约 195 m,高差 5.0 m。海滩地形坡度起伏不大,坡度基本为 $1.5^{\circ}\sim 2.0^{\circ}$ 。该处海滩随季节海洋动力的变化,地形有些变化,如小沙丘的变动、少量的侵蚀和堆积的发生。

南海新区海滩:剖面所处海滩长约 12 km,宽度不等,窄处约 50 m,宽处约 350 m,高差约 5~7 m。海滩坡度小于 10° 。

乳山市银滩(P1 剖面~P5 剖面),剖面起点为后滨砂坝、防护林或防波堤等,以具有标志性地物(电线杆、堤坝墙体、石柱等)为起点标志。海滩从起点到终点高差 3~7 m 不等,向海延伸宽度为 69~171 m,岸滩坡度总体较缓。

3 海滩底质分析

通过对实测的 18 条剖面,90 个点位的沉积物粒度分析可知,研究区沉积物主要包括砾砂、粗砂、中砂和细砂四种类型,其中中砂分布最广,约占所有点位的 35.6%;细砂次之,约占 34.4%;粗砂约占 26.7%;砾砂仅占 3.3%,各海滩粒度质量分数见表 1、图 4。南海新区海滩自陆向海由中粗砂向中细砂粒度逐渐变细,局部最细为粉砂。

表 1 研究区海滩粒度质量分数(%)

Table 1 Statistics of grain-size distribution of the beaches in the study areas

海 滩	5.00~<10.00 mm	2.00~<5.00 mm	0.500 ~<2.000 mm	0.250~<0.500 mm	0.063~<0.250 mm	<0.063 mm
双岛湾海滩			21.79	33.48	44.31	0.42
国际海水浴场			66.14	32.00	1.72	0.14
金海滩海水浴场			10.86	22.28	66.74	0.12
青叭岛以西海滩		1.49	60.88	27.36	10.26	0.01
青叭岛以东海滩			12.88	56.48	30.40	0.24
天鹅湖附近海滩		4.39	59.60	26.56	8.45	1.00
桑沟湾海滩	3.00	10.17	35.71	22.98	28.10	0.04
褚岛连岛沙坝			13.64	24.71	61.59	0.06
乳山银滩		0.31	22.93	31.74	44.77	0.26

注:空白表示无数据

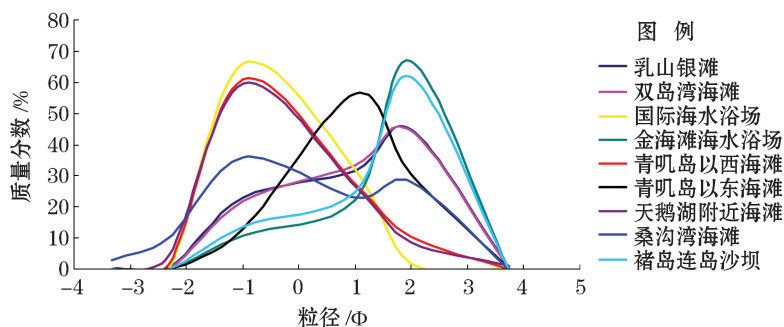


图4 研究区海滩粒度质量分数

Fig.4 The grain-size distribution frequency of the beaches in the study areas

1) 双岛湾东部海滩(P6~P7)沉积物粒度总体特征与乳山银滩相似,其中细砂组分质量分数为44.31%,中砂为33.48%,粗砂为21.79%,另含少量粉砂。从分布上看靠近双岛湾的P6剖面沉积物粒度整体较粗。海滩局部特征表现为:潮上带和潮间带呈明显的双峰形态,表明沉积物有2种主要组分。高潮线和低潮线附近呈单峰形态,沉积以中砂为主,潮下带沉积呈单峰形态,细砂质量分数增加(图5)。

2) 青肌岛以西海滩(P10~P11)沉积物粒度曲线特征与国际海水浴场相似,峰值为 $-1\Phi \sim 1\Phi$,沉积物以粗砂为主,质量分数为60.88%,中砂和细砂质量分数分别为27.36%和10.26%,其他为砾石和粉砂。该海滩潮上带、潮间带、低潮线粒度曲线呈单峰形态,峰尖而窄,峰值为 $-1\Phi \sim 1\Phi$,沉积物以粗砂为主,质量分数70%~95%;高潮线粒度曲线呈单峰,峰值 $1\Phi \sim 2\Phi$,以中砂为主,质量分数52.60%;潮下带曲线为单峰形态,峰平而宽,粗砂和中砂质量分数相似,分别为36.95%,35.60%(图5)。

3) 青肌岛以东海滩(P12)粒度曲线整体呈单峰特征,峰值为 $1\Phi \sim 2\Phi$,以中砂为主,质量分数56.48%,细砂次之,质量分数30.40%,粗砂质量分数12.88%,以及少量粉砂。纵向上,沉积物从潮上带到潮下带粒度曲线均为单峰形态,峰值 $1\Phi \sim 2\Phi$,以中砂为主,质量分数45%~75%。中砂含量向海逐渐减少(图5)。

4) 天鹅湖附近海滩(P13~P14)整体粒度曲线呈单峰特征,峰值在 $-1\Phi \sim 1\Phi$,以粗砂为主,质量分数59.60%,中砂次之,质量分数26.56%。纵向上,潮上带至潮下带粒度曲线均呈单峰状态,除潮上带峰宽而平外,其余各处峰尖而窄,峰值为 $-1\Phi \sim 1\Phi$,以粗砂为主,质量分数55%~70%。

5) 桑沟湾海滩(P15~P16)粒度曲线总体呈双峰特征,表明海滩沉积物主要组分有2种,分别为粗砂、细砂。质量分数特征为粗砂35.71%,细砂28.10%,中砂22.98%,砾石质量分数13.17%。纵向上,高潮线和潮间带表现为宽而平的单峰特征,峰值 $1\Phi \sim 2\Phi$,以中砂为主,质量分数30%~40%。潮上带、低潮线和潮下带呈双峰特征,粒度呈现两极化,主峰在 $-1\Phi \sim 1\Phi$,为粗砂,质量分数40%~50%;次峰为 $2\Phi \sim 3\Phi$,为细砂,质量分数25%~35%(图5)。

6) 褚岛沙坝附近(P17~P18)海滩粒度特征与金海滩海水浴场相似,呈单峰形态,峰值 $2\Phi \sim 3\Phi$,以细砂为主,质量分数61.59%,中砂质量分数24.71%,粗砂质量分数13.64%,以及极少量的粉砂。纵向上,潮上带和潮下带均呈单峰特征,峰值 $2\Phi \sim 3\Phi$,以细砂为主。高潮线处峰值 $1\Phi \sim 2\Phi$,以中砂为主。潮间带和低潮线处呈双峰特征,主峰尖而窄,峰值 $2\Phi \sim 3\Phi$,以细砂为主;次峰宽而平,峰值 $-1\Phi \sim 1\Phi$,以粗砂为主(图5)。

7) 南海新区海滩(4,7,11,12)粒度频率分布见图6。剖面4沉积物粒度曲线呈弱双峰型,主峰峰值 $1\Phi \sim 2\Phi$,次峰峰值 $0\Phi \sim 1\Phi$,从陆向海由中粗砂—中细砂粒度逐渐变细。剖面7沉积物粒度变化不大,粒度曲线均呈单峰式,峰值 $2\Phi \sim 3\Phi$,沉积物以中细砂为主。剖面11沉积物从陆向海曲线特征为弱双峰型—单峰型—弱双峰型,沉积物粒度特征为中粗砂—中细砂—中砂。剖面12从陆向海粒度逐渐变细,沉积物为中砂—粉砂。从海滩整体而言,沉积物平均粒径大致为 $1\Phi \sim 2.5\Phi$,说明该海滩沉积物主要颗粒为中砂—细砂。分选系数变化范围为0.41~1.27,平均值为0.76,说明海滩大部分沉积物分选程度中等以上,部分位置分选

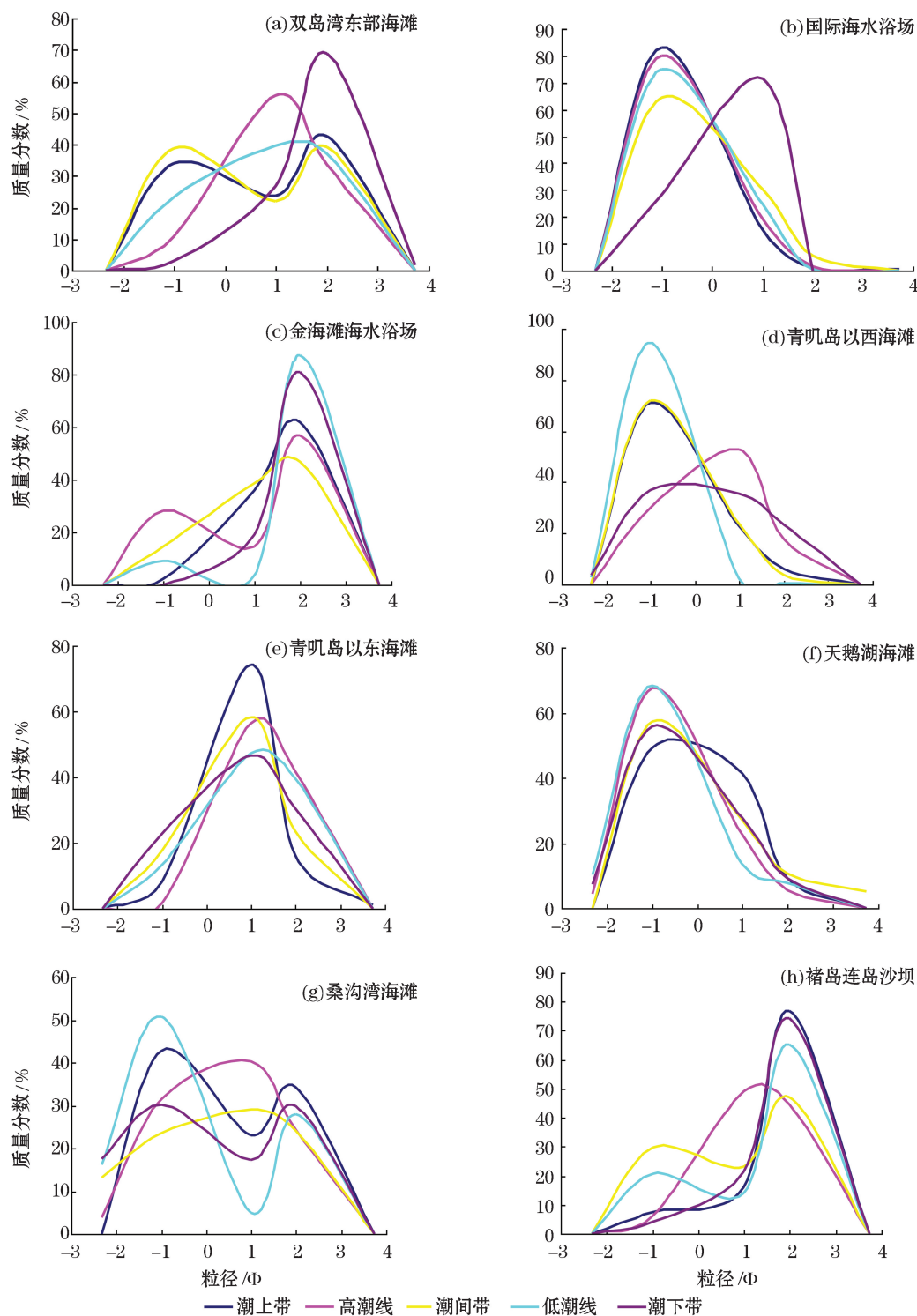


图5 研究区北、东部海滩沉积物粒度频率分布

Fig.5 The grain-size distribution frequency of the beaches in the north and east of the study areas

较差。偏态变化范围为 $-1.05 \sim 0.86$,平均值为 -0.19 ,大部分位置偏态 < -0.1 ,为负偏,表明沉积物粒度偏细;小部分 > 0.1 ,为正偏,表明沉积物粒度较粗。峰度值变化范围为 $3.58 \sim 6.48$,平均值为 4.38 ,表明粒度曲线非常尖锐,沉积物受环境改造程度较高。

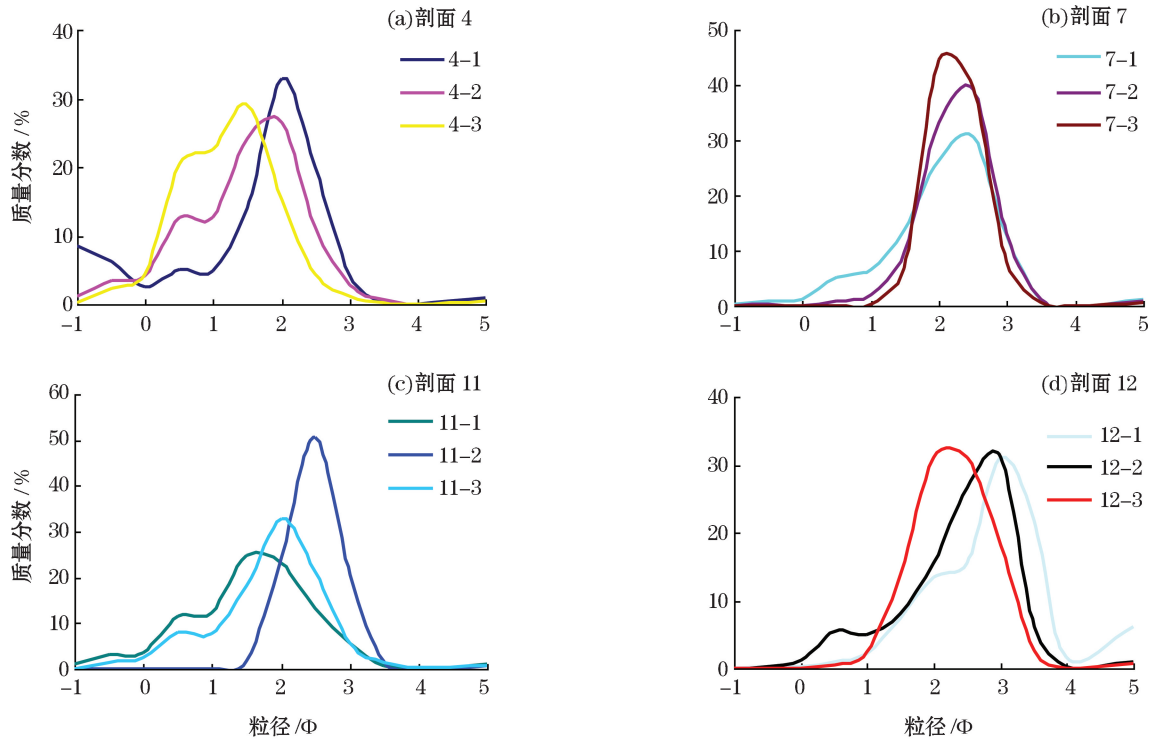


图 6 南海新区海滩沉积物粒度频率分布

Fig.6 The grain-size distribution frequency of the sediments in the Nanhai New District beach

8) 乳山银滩一带(P1~P5)沉积物整体特征表现为:沉积物以细砂为主,质量分数达 44.77%;中砂次之,质量分数为 31.74%;粗砂质量分数为 22.93%;另含少量砾石及粉砂。沉积物粒度在横向上表现为海滩南北两端粒度较粗,中间部分粒度较细;纵向上表现为向海粒度变细。银滩一带海滩特征如图 7,潮上带以粗砂为主,中、细砂组分含量相差不大,表明该处沉积物分选较差。高潮线一带以细砂为主,中砂含量较潮上带增加,而粗砂含量相对降低。潮间带沉积物分布呈明显的单峰形态,沉积以中砂为主,细砂含量较高潮线略有减低。低潮线和潮下带沉积均以细砂为主。沉积物分布在纵向上呈现明显的粗颗粒物质减少,细颗粒物质增加。

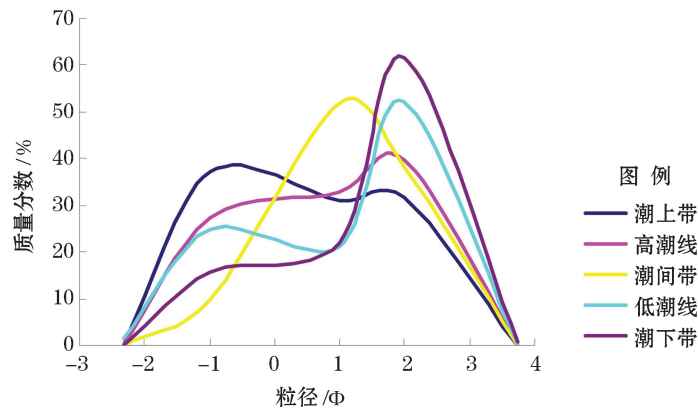


图 7 乳山银滩沉积物质量分数分布

Fig.7 The grain-size distribution frequency of the sediments in the Rushan Silver Beach

4 海滩质量评价

4.1 评价方法

海滩是良好的滨海旅游资源,由于海滩的地理位置、环境地质条件和水文地质条件的不同,海滩之间存在一定的差异。对此,海滩评价是一种极为有效的海滩管理工具,它不仅为海滩使用者选择海滩提供更多的帮助,也为进一步提高海滩作为休闲旅游场所的质量提供了指导方法^[13-14]。

海滩质量评价目前没有统一的标准,孙静对国内外海滩质量评价体系进行了研究,认为国外海滩质量评价研究现已比较成熟,得到了广泛的认可,目前使用欧洲“蓝旗”评价标准的海滩已遍布多个大洲,但在一些国家也有自己的评价标准,如英国海滨奖励标准、美国国家健康海滩评价标准和澳大利亚的 Short 海滩评价标准^[15]。目前我国海滩质量评价体系指标不一,评价的标准也不同。但是随着我国旅游事业的发展,需要一个尽可能适用于全国海滩的统一的评价体系^[15]。本次工作以孙静^[3]以及孙静和王永红^[15]对国内海滩质量评价的标准为依据(表 2),选取海滩长度、宽度、坡度和粒度等因素,对研究区海滩进行简便的评价,一般以海滩滩面较宽、长度较长、坡度较小、沉积物颗粒适中(即粒径约 2Φ 的中、细砂)的海滩为宜,这种海滩安全性好,且利于水体交换。

表 2 海滩质量评价因子^[12-13]
Table 2 Beach quality evaluation factors

评价结果	长度/m	宽度(平均低潮位)/m	坡度(平均高潮线以上)/%	底质类型
差	<500	<50	>20	砂
中	500~1 000	50~150	10~20	粗砂
良	1 000~3 000	150~300	2~10	中砂
优	>3 000	>300	<2	细砂

4.2 评价结果

威海市海滩整体环境质量较好,部分岸滩受沉积物粒度影响,质量中等。各海滩具体情况如表 3,图 8。

表 3 海滩质量评价结果
Table 3 The results of beach quality evaluation

海 滩	长度/m	宽度/m (平均低潮位)	坡度/% (平均高潮线以上)	底质类型	评价结果
乳山银滩	>3 000	60~130	2~10	细砂为主,中砂次之	良好
双岛湾海滩	>3 000	140~150	4~10	细砂为主,中砂次之	良好
国际海水浴场	1 000~3 000	84	4	粗砂为主,中砂次之	中等—良好
金海滩海水浴场	1 000~3 000	119	4.4	细砂为主,中砂次之	良好
青吼岛以西海滩	>3 000	50~60	6~7	粗砂为主,中砂次之	中等—良好
青吼岛以东海滩	>3 000	150	4.8	中砂为主,细砂次之	良好
天鹅湖附近海滩	>3 000	30~50	5~10	粗砂为主,中砂次之	中等
桑沟湾海滩	>3 000	60~90	4~10	粗砂为主,细砂次之	中等—良好
褚岛连岛沙坝	500~1 000	90~130	3~6	细砂为主,中砂次之	中等—良好
南海新区海滩	>3 000	50~350	<14	中砂为主,细砂次之	中等—良好

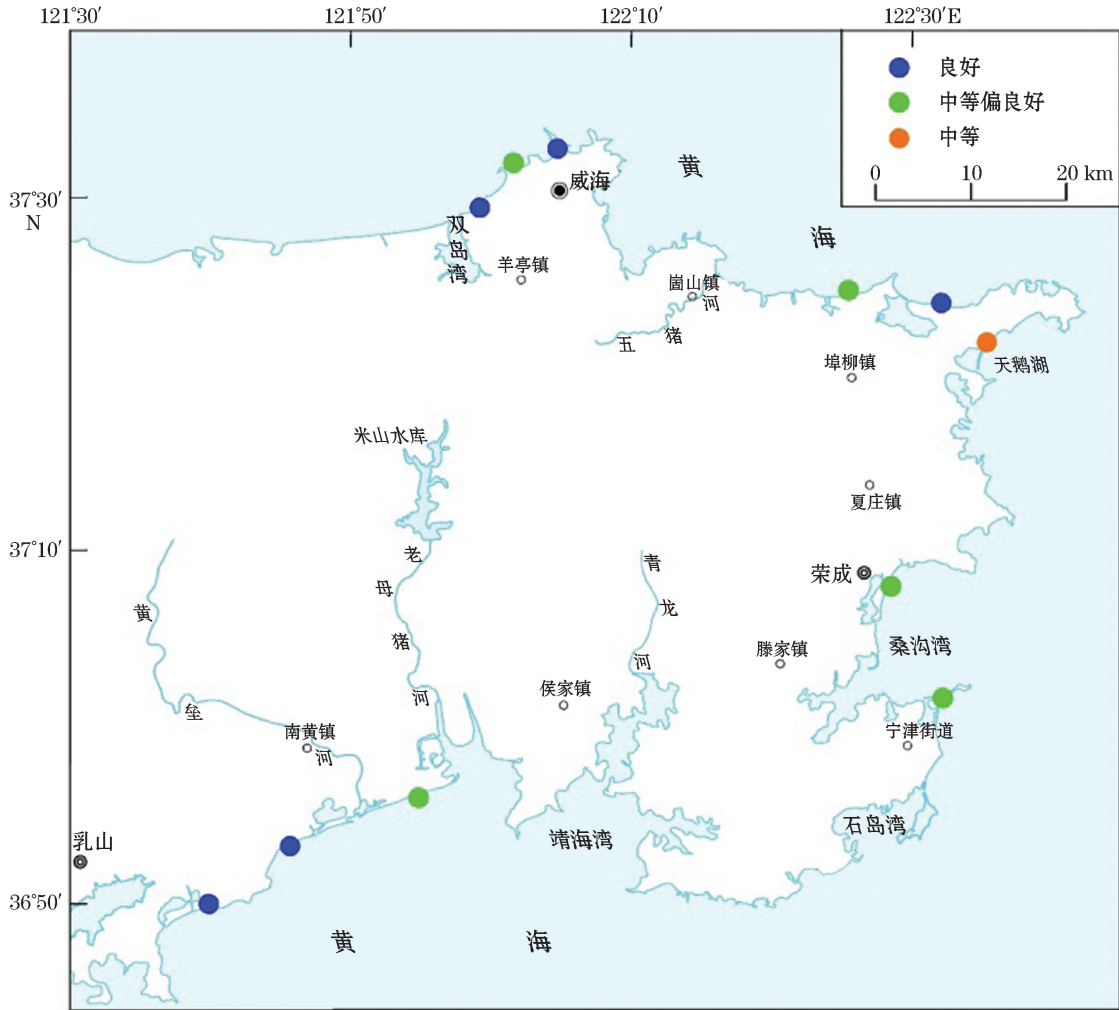


图 8 研究区海滩质量评价

Fig.8 The quality evaluation map of the beaches in the study areas

1) 乳山银滩滩长约 8.89 km, 宽约 60~130 m, 海滩坡度约为 2%~10%, 海滩底质以细砂为主, 中砂次之。综合评价为海滩整体质量良好, 坡缓滩平, 沙质细腻, 水质清澈, 是天然的旅游度假胜地^[16]。

2) 双岛湾海滩长约 8 km, 宽约 150 m, 坡度约 4%~10%, 海滩底质以细砂为主, 中砂次之, 海滩整体质量良好。

3) 国际海水浴场滩长约 2.15 km, 宽约 85 m, 海滩坡度 4%, 沉积物粒度较粗, 以粗砂为主, 中砂次之, 海滩整体质量中等偏良好。

4) 金海滩海水浴场滩长 1.03 km, 宽约 120 m, 坡度 4.4%, 沉积物以细砂为主, 中砂次之, 海滩整体质量良好。

5) 青吼岛以西海滩长约 5.8 km, 宽约 60 m, 坡度 6%~7%, 海滩底质以粗砂为主, 中砂次之。海滩整体质量中等偏良好。

6) 青吼岛以东海滩长约 6.5 km, 宽约 150 m, 坡度约 5%, 海滩底质以中砂为主, 细砂次之。海滩质量良好。

7) 天鹅湖附近海滩长约 4.86 km, 海滩宽度较窄, 约 30~50 m, 岸滩坡度 5%~10%, 底质以粗砂为主, 中砂次之, 整体环境质量中等。

8)桑沟湾海滩长约 6 km,宽约 100 m,坡度 4%~10%,底质粗砂为主,细砂次之。海滩质量中等偏良好。

9)褚岛连岛沙坝长约 1 km,宽约 90~130 m,岸滩坡度 3%~6%,底质以细砂为主,中砂次之。海滩质量中等偏良好。

10)南海新区海滩长约 12 km,宽约 50~350 m,岸滩坡度大致 $\leq 14\%$,海滩底质以中砂为主,细砂次之。海滩综合质量中等偏良好。

5 结 论

本文对威海双岛湾附近海滩、国际海水浴场海滩、金海滩、青叭岛以西海滩、青叭岛以东海滩、天鹅湖海滩、桑沟湾海滩、褚岛海滩、南海新区海滩和乳山银滩十处代表性海滩开展了海滩地貌和底质调查,研究区 18 条剖面,90 个点位的沉积物粒度分析结果表明:

1)威海滨海沙滩大致为北部较宽,相对平缓,东部、南部宽度较窄,相对高差较大。海滩沉积物主要包括砾砂、粗砂、中砂、细砂四种类型,其中中砂分布最广,约占所有点位的 35.6%,细砂次之,约占 34.4%,粗砂约占 26.7%,砾砂仅占 3.3%。

2)威海海滩质量等级基本处于中等以上,部分岸滩受沉积物粒度影响,质量稍差。建议加强岸滩保护治理,改善岸滩沉积环境,降低潮上带岸滩坡度,进而提高海滩质量。

参考文献(References):

- [1] CHEN Z S. Progress in studies on the shapes and dynamics of beach profiles[J]. Marine Science Bulletin, 1997, 16(1): 86-91. 陈子荣. 海滩剖面形态与地形动态研究的进展[J]. 海洋通报, 1997, 16(1): 86-91.
- [2] YU X X, GU D Q, YAN W W, et al. Lateral Differences in sediments and geomorphology of the northern and southern typical sandy coasts in the eastern Shandong Peninsula and their genesis: taking the coasts of the Haiyang Wanmi Beach and the Weihai International Beach as the example[J]. Coastal Engineering, 2016, 35(1): 33-46. 于晓晓, 谷东起, 闫文文, 等. 山东半岛东部南北岸典型砂质海岸沉积、地貌的横向差异及成因分析——以海阳万米海滩岸段和威海国际海水浴场岸段为例[J]. 海岸工程, 2016, 35(1): 33-46.
- [3] SUN J. Sedimentary geomorphology of beaches in Qingdao city and their quality rating[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012: 1-60. 孙静. 青岛市海滩沉积地貌及质量评价[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012: 1-60.
- [4] ZHANG S, DU Q S. Research on the development of low-carbon power in Weihai city[J]. China Economic & Trade Herald, 2010 (20): 88. 张省, 杜秋实. 威海市发展低碳电力问题研究[J]. 中国经贸导刊, 2010(20): 88.
- [5] YANG J C, LI G X, GONG L X, et al. Status and causes of beach erosion in Weihai, Shandong Province[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(12): 97-106. 杨继超, 李广雪, 宫立新, 等. 山东威海滨海沙滩侵蚀现状和原因分析[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(12): 97-106.
- [6] SUN W F, ZHANG J, MA Y, et al. Remote sensing based method for coastal lagoon classification[J]. Advances in Marine Science, 2014, 32(3): 374-386. 孙伟富, 张杰, 马毅, 等. 我国海岸潟湖卫星遥感分类方法研究[J]. 海洋科学进展, 2014, 32(3): 374-386.
- [7] YANG J C, GONG L X, LI G X, et al. Morphodynamic feature on the beaches in Weihai, Shandong Province[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(12): 107-114. 杨继超, 宫立新, 李广雪, 等. 山东威海滨海沙滩动力地貌特征[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(12): 107-114.
- [8] CAO H M, CAI F, ZHENG Y L. Evolution characteristics of nourished beach from Xiangshan to Changweijiao in Xiamen[J]. Journal of Applied Oceanography, 2015, 34(1): 24-33. 曹惠美, 蔡锋, 郑勇玲. 人工养护后厦门香山-长尾礁海滩的演变特征[J]. 应用海洋学报, 2015, 34(1): 24-33.
- [9] LENG W, FAN D D. Selecting nodal size for the application of combined using sieving and laser methods in grain-size analysis[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(3): 478-484. 冷伟, 范代读. 联用筛析法与激光法进行粒度接序分析的界点选择[J]. 沉积学报, 2014, 32(3): 478-484.
- [10] CHEN X F, FENG X L, LIU D Y, et al. Correlation comparison between laser method and pipette-sieve method of grain size[J]. Periodical of Ocean University of China, 2002, 32(4): 608-614. 陈秀法, 冯秀丽, 刘冬雁, 等. 激光粒度分析与传统粒度分析方法相关对比

- [J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2002, 32(4): 608-614.
- [11] CAO H M, CAI F, SU X X. Analysis on grain size characteristics of sediments on some sandy beaches along the coast in South China [J]. Marine Science Bulletin, 2005, 24(4): 36-45. 曹惠美, 蔡锋, 苏贤泽. 华南沿海若干砂质海滩沉积物粒度特征的分析[J]. 海洋通报, 2005, 24(4): 36-45.
- [12] LAN X H, ZHANG Z X, LI R H, et al. Comparison of different grain size analyses for sediments in the South Yellow Sea[J]. Marine Geology Letters, 2006, 22(10): 5-7. 蓝先洪, 张志珣, 李日辉, 等. 南黄海沉积物不同粒度分析结果的对比研究[J]. 海洋地质前沿, 2006, 22(10): 5-7.
- [13] WANG S T, YIN P, WU Z. The coastal zone geology of Rizhao, Shandong province[M]. Beijing: Ocean Press, 2014: 47-52. 王松涛, 印萍, 吴振. 山东日照海岸带地质[M]. 北京: 海洋出版社, 2014: 47-52.
- [14] XIN J. The construction of competitive analysis and evaluation index system of coastal tourism resort[D]. Xi'an: Shannxi Normal University, 2007: 29-39. 辛健. 滨海型旅游度假区竞争力分析与评价指标体系的构建[D]. 西安: 陕西师范大学, 2007: 29-39.
- [15] SUN J, WANG Y H. A review of beach quality rating systems[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2012, 32(2): 153-159. 孙静, 王永红. 国内外海滩质量评价体系研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(2): 153-159.
- [16] JIANG S M, FU Z P. Environment survey of travel geology of Guangxi and its development suggestions[J]. Guangxi Geology, 2000, 13(4): 47-50. 江素曼, 傅中平. 广西旅游地质环境概况及开发保护建议[J]. 广西地质, 2000, 13(4): 47-50.

Sedimentary Geomorphology and Quality Evaluation of Typical Beaches in Weihai

WU Zhen^{1,2}

(1. *Fourth Shandong Institute of Geology and Mineral Resources Exploration*, Weifang 261021, China;

2. *Key Laboratory of Coastal Zone Geological Environment Protection*, Shandong Provincial
Bureau of Geology & Mineral Resources, Weifang 261021, China)

Abstract: Investigations of geomorphology and sediments of beaches were carried out in 10 representative beaches such as the Shuangdao Bay beach, the International bathing beach, the Golden bathing beach, the beach west of the Qingjidao Island, the beach east of the Qingjidao Island, the swan lake beach, the Sanggou Bay beach, the Zhudao beach, the Nanhai New District beach and the Rushan silver beach. Combining with the analysis of surface samples collected from the beaches, the beach geomorphology and the grain size distribution and quality of the beach sediments in the study areas are evaluated comprehensively. The sediments of the beaches in Weihai City are mainly composed of gravel sand, coarse sand, medium sand and fine sand. Of them, the medium sand is distributed most widely and accounts for 35.6% of all survey stations; the next is fine sand, which accounts for about 34.4% of all stations; the coarse sand accounts for about 26.7% and the gravel accounts only for 3.3%. The slope of the beaches is gentle in general and the width of the beaches is above medium. The beach quality is better on the whole, but some of the beaches are slightly worse in their quality due to the effects of sediment grain size.

Key words: beach; sedimentary geomorphology; quality evaluation; Weihai

Received: September 4, 2018